

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"
Институт экологии и природопользования



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной деятельности КФУ

Проф. Д.А. Таюрский

» _____ 20__ г.

подписано электронно-цифровой подписью

Программа дисциплины

Градиентный анализ и ординация Б1.В.ДВ.06.02

Направление подготовки: 05.04.06 - Экология и природопользование

Профиль подготовки: Системная экология и моделирование

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2018

Автор(ы): Чижикова Н.А.

Рецензент(ы): Зарипов Ш.Х.

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий(ая) кафедрой: Зарипов Ш. Х.

Протокол заседания кафедры No ____ от " ____ " _____ 20__ г.

Учебно-методическая комиссия Института экологии и природопользования:

Протокол заседания УМК No ____ от " ____ " _____ 20__ г.

Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы
2. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы высшего образования
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий
 - 4.1. Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)
 - 4.2. Содержание дисциплины
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)
 - 6.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы и форм контроля их освоения
 - 6.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания
 - 6.3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы
 - 6.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций
7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
 - 7.1. Основная литература
 - 7.2. Дополнительная литература
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)
11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)
12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

Программу дисциплины разработал(а)(и) доцент, к.н. Чижикова Н.А. (кафедра моделирования экологических систем, отделение экологии), Nelly.Chizhikova@kpfu.ru

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Выпускник, освоивший дисциплину, должен обладать следующими компетенциями:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-1	Способность к абстрактному мышлению, анализу, синтезу
ОПК-2	Способность применять современные компьютерные технологии при сборе, хранении, обработке, анализе и передаче географической информации и для решения научно-исследовательских и производственно-технологических задач профессиональной деятельности
ОПК-6	Владение методами оценки репрезентативности материала, объема выборок при проведении количественных исследований, статистическими методами сравнения полученных данных и определения закономерностей
ПК-3	Владение основами проектирования, экспертно-аналитической деятельности и выполнения исследований с использованием современных подходов и методов, аппаратуры и вычислительных комплексов
ПК-4	Способность использовать современные методы обработки и интерпретации экологической информации при проведении научных и производственных исследований

Выпускник, освоивший дисциплину:

Должен демонстрировать способность и готовность:

применять полученные знания и навыки в своей научно-практической деятельности, нести ответственность за результаты своей работы

2. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы высшего образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел "Б1.В.ДВ.06.02 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 05.04.06 "Экология и природопользование (Системная экология и моделирование)" и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 2 курсе в 3 семестре.

3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных(ые) единиц(ы) на 108 часа(ов).

Контактная работа - 32 часа(ов), в том числе лекции - 8 часа(ов), практические занятия - 24 часа(ов), лабораторные работы - 0 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 76 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 0 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: зачет в 3 семестре.

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1 Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)

N	Разделы дисциплины / модуля	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
N	Разделы дисциплины / модуля	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Ординация как один из методов анализа градиентов. Обзор основных методов ординации.	3	2	4	0	10
2.	Тема 2. Прямая и непрямая ординация методом главных компонент (PCA и RDA).	3	2	6	0	19
3.	Тема 3. Метод главных координат (метрическое и неметрическое шкалирование, PCoA, MDS, NMDS).	3	2	6	0	19
4.2 Содержание дисциплины						
4.	Тема 4. Анализ соответствия (CA, CCA). Ординация как один из методов анализа градиентов. Обзор основных методов ординации.	3	1	2	0	18
5.	Тема 5. Прокрустова корреляция. Определение ординации. Ординация как метод градиентного анализа. Представление данных в виде многомерного облака точек. Ординация как метод снижения размерности и визуализации многомерных данных. Четыре базовых метода ординации: метод главных компонент, метод главных координат, анализ соответствия, ординация с удаленным трендом. Прямая и непрякая ординация. Понятие нелинейной структуры данных, коэноклины. Эффект арки, эффект подковы и их причина.	3	2	2	0	10

коэноклины. Эффект арки, эффект подковы и их причина.

Программное обеспечение для ординации (Canoco, среда R: пакеты vegan, labdsv, stats).

Тема 2. Прямая и непрякая ординация методом главных компонент (PCA и RDA).

Анализ главных компонент (Principal component analysis, PCA), собственные числа и собственные вектора, интерпретация. Модификации метода главных компонент: стандартизация и центрирование, их необходимость и случаи использования. Непрякая и прямая ординация. Анализ избыточности (Redundancy analysis, RDA).

Реализация метода главных компонент и анализа избыточности в среде R.

Тема 3. Метод главных координат (метрическое и неметрическое шкалирование, PCoA, MDS, NMDS).

Метод главных координат: метрическое и неметрическое многомерное шкалирование. Метрики сходства и различия и их влияние на шкалирование: евклидово расстояние, манхеттанское расстояние (блочное), коэффициент Гувера (Gower), индекс Брэя-Кертиса (Bray-Curtis), индекс Кульчинского, индекс Мориситы (Morisita), индекс Хорна (Horn), индекс Жаккара (Jaccard). Стресс, график Шепарда (Shepard plot). Аналог прямой ординации для метода главных координат.

Реализация метода главных координат в среде R.

Тема 4. Анализ соответствия (CA, CCA).

Анализ соответствия: основы метода. Непрякая ординация: анализ соответствия (Correspondence analysis). Прямая ординация: канонический анализ соответствия (Constrained Correspondence analysis), одновременная ординация двух матриц (видов и условий среды). Реализация анализа соответствия в среде R (пакет vegan, функция cca).

Тема 5. Прокрустова корреляция

Сравнение ординаций для анализа изменений, прокрустова корреляция: определение, требуемые данные, принципы метода, анализ результата с помощью графика и с помощью статистики отклонений. Тестирование "неслучайности", значимости различий двух конфигураций. Реализация прокрустовой корреляции в среде R (пакет vegan, функция procrustes, protest, mantel).

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Самостоятельная работа обучающихся выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа подразделяется на самостоятельную работу на аудиторных занятиях и на внеаудиторную самостоятельную работу. Самостоятельная работа обучающихся включает как полностью самостоятельное освоение отдельных тем (разделов) дисциплины, так и проработку тем (разделов), осваиваемых во время аудиторной работы. Во время самостоятельной работы обучающиеся читают и конспектируют учебную, научную и справочную литературу, выполняют задания, направленные на закрепление знаний и отработку умений и навыков, готовятся к текущему и промежуточному контролю по дисциплине.

Организация самостоятельной работы обучающихся регламентируется нормативными документами, учебно-методической литературой и электронными образовательными ресурсами, включая:

Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утвержден приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 5 апреля 2017 года №301).

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-996ин/15 от 27 ноября 2002 г. "Об активизации самостоятельной работы студентов высших учебных заведений".

Положение от 29 декабря 2018 г. № 0.1.1.67-08/328 "О порядке проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

Положение № 0.1.1.67-06/241/15 от 14 декабря 2015 г. "О формировании фонда оценочных средств для проведения текущей, промежуточной и итоговой аттестации обучающихся федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

Положение № 0.1.1.56-06/54/11 от 26 октября 2011 г. "Об электронных образовательных ресурсах федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

Регламент № 0.1.1.67-06/66/16 от 30 марта 2016 г. "Разработки, регистрации, подготовки к использованию в учебном процессе и удаления электронных образовательных ресурсов в системе электронного обучения федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

Регламент № 0.1.1.67-06/11/16 от 25 января 2016 г. "О балльно-рейтинговой системе оценки знаний обучающихся в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

Регламент № 0.1.1.67-06/91/13 от 21 июня 2013 г. "О порядке разработки и выпуска учебных изданий в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

Научная библиотека издательства Springer - <http://link.springer.com>

Страница с упражнениями для экологов на сайте университета Монтаны - <http://ecology.msu.montana.edu/labdsv/R/>

Статистическая система R - <http://www.R-project.org>

Страница Ordination methods for ecologists университета Оклахомы - <http://ordination.okstate.edu/>

Страница пакета vegan для многомерного анализа данных - <http://vegan.r-forge.r-project.org/>

6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)

6.1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы и форм контроля их освоения

Этап	Форма контроля	Оцениваемые компетенции	Темы (разделы) дисциплины
Семестр 3			
	Текущий контроль		
1	Тестирование	ОК-1	1. Ординация как один из методов анализа градиентов. Обзор основных методов ординации. 2. Прямая и непрякая ординация методом главных компонент (PCA и RDA). 3. Метод главных координат (метрическое и неметрическое шкалирование, PCoA, MDS, NMDS). 4. Анализ соответствия (CA, CCA). 5. Прокрустова корреляция
2	Компьютерная программа	ПК-3 , ОПК-2 , ОПК-6	2. Прямая и непрякая ординация методом главных компонент (PCA и RDA). 3. Метод главных координат (метрическое и неметрическое шкалирование, PCoA, MDS, NMDS). 4. Анализ соответствия (CA, CCA). 5. Прокрустова корреляция

Этап	Форма контроля	Оцениваемые компетенции	Темы (разделы) дисциплины
3	Отчет	ПК-4	2. Прямая и непрямая ординация методом главных компонент (PCA и RDA). 3. Метод главных координат (метрическое и неметрическое шкалирование, PCoA, MDS, NMDS). 4. Анализ соответствия (CA, CCA). 5. Прокрустова корреляция
	Зачет	ОК-1, ОПК-2, ОПК-6, ПК-3, ПК-4	

6.2 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Форма контроля	Критерии оценивания				Этап
	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неуд.	
Семестр 3					
Текущий контроль					
Тестирование	86% правильных ответов и более.	От 71% до 85 % правильных ответов.	От 56% до 70% правильных ответов.	55% правильных ответов и менее.	1
Компьютерная программа	Высокий уровень умений и навыков программирования, в том числе моделирования, алгоритмизации, использования языка программирования. Поставленная задача полностью решена.	Хороший уровень умений и навыков программирования, в том числе моделирования, алгоритмизации, использования языка программирования. Поставленная задача в основном решена.	Удовлетворительный уровень умений и навыков программирования, в том числе моделирования, алгоритмизации, использования языка программирования. Поставленная задача решена частично.	Недостаточный уровень умений и навыков программирования, в том числе моделирования, алгоритмизации, использования языка программирования. Поставленная задача не решена.	2
Отчет	Продемонстрирован высокий уровень владения материалом. Используются надлежащие источники в нужном количестве. Структура работы и применённые методы соответствуют поставленным задачам.	Продемонстрирован средний уровень владения материалом. Используются надлежащие источники. Структура работы и применённые методы в основном соответствуют поставленным задачам.	Продемонстрирован удовлетворительный уровень владения материалом. Используются источники, структура работы и применённые методы частично соответствуют поставленным задачам.	Продемонстрирован неудовлетворительный уровень владения материалом. Используются источники, структура работы и применённые методы не соответствуют поставленным задачам.	3
	Зачтено		Не зачтено		
Зачет	Обучающийся обнаружил знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по специальности, справился с выполнением заданий, предусмотренных программой дисциплины.		Обучающийся обнаружил значительные пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допустил принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий и не способен продолжить обучение или приступить по окончании университета к профессиональной деятельности без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.		

6.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

Семестр 3

Текущий контроль

1. Тестирование

Темы 1, 2, 3, 4, 5

Тест включают вопросы на оценку знаний в рамках всего курса.

1. У вас имеются данные видового состава сообществ хириноид в колонках озерных отложений, а также данные по концентрации в колонках отложений катионов различных металлов и анионов различных солей. Какой метод ординации вам потребуется для анализа связи видового состава хириноид с химическим составом отложений, прямой, или непрямой?
2. Вы изучаете постпирогенную сукцессию лугового сообщества. У вас имеются данные о видовом составе сообщества до пожара и через 10 лет после пожара. Какой метод из приведенных ниже вам потребуется, чтобы проанализировать сходство этих двух видовых составов?
3. Укажите, какой из перечисленных ниже методов не относится к прямым методам ординации.
4. Укажите, в каком из перечисленных ниже случаев вам НЕОБХОДИМА предварительная стандартизация исходных данных для выполнения ординации.
5. Укажите, какой метод не подходит для ординации сообществ при высоком бета-разнообразии.
6. Укажите, какой метод из перечисленных подойдет для ординации сообществ, если в матрице видового состава "большое количество нулей".
7. В каком случае при ординации сообществ больше вероятность возникновения арочного эффекта (эффекта подковы), в случае высокого или низкого бета-разнообразия?
8. Исходя из анализа приведенной ниже ординационной диаграммы, какие можно выделить когорты физико-химических условий среды? Выберите из списка возможные составы когорт.
9. Исходя из анализа приведенной ниже ординационной диаграммы, укажите какие пары объекта характеризуются большим сходством. Пара А или пара Б?
10. Для оценки статистической значимости связи фактора влажности с видовым составом фитоценозов был проведен тест Монте-Карло. По результатам теста наблюдаемый уровень значимости наличия связи (p-value) равен 0.022. Если мы зададимся уровнем доверия 0.99, можно ли признать влажность статистически значимым фактором, отвечающим за состав фитоценозов?

2. Компьютерная программа

Темы 2, 3, 4, 5

Нужно написать код в среде R для анализа собственных данных с помощью требуемых методов.

Студенту выдаются данные и задание, где указано какой метод ординации использовать для анализа закономерностей:

- PCA для непрямой ординации объектов по их свойствам (не видовые составы);
- RDA для прямой ординации, анализ связи состава сообществ с условиями среды;
- MDS и NMDS для непрямой ординации объектов по их видовому составу;
- CA и CCA для прямой и непрямой ординации объектов по их видовому составу.

Предусмотрено также задание по прокрустовой корреляции, когда требуется оценить изменения и сходства видовых составов одного сообщества.

Нужно подготовить листинг компьютерной программы по заданию с комментариями, какие действия выполняют команды программы.

Исходные данные для выполнения работы представлены в файле data.xls. В файле имеется два листа.

Лист species_sites: данные по обилию (проективному покрытию) видов в сообществах.

Лист site_features: косвенная информация об условиях среды в сообществах, рассчитанная как среднее значение индикаторных чисел видов по шкалам Цыганова: температура, увлажнение почвы, кислотность почвы, азотообеспеченность почвы, солевое богатство почвы, освещенность.

Необходимо:

1. Охарактеризовать условия среды в сообществах. Выполните ординацию данных об условиях среды методом PCA (используйте масштабирование данных). Проанализируйте биплот в двух первых ординационных осях. Какие сообщества обладают сходными условиями среды, какие площадки сильно отличаются? Опишите на основании биплота некоторые сообщества, укажите каким спектром условий, свойств, они характеризуются, в подтверждение приведите исходные данные. Сравните закономерности, отраженные на биплоте, с корреляционной матрицей условий среды. Укажите, какую долю дисперсии данных отражают две первые ординационные оси. Постройте и проанализируйте график shepard plot, какие расстояния искажаются в проекции двух первых ординационных осей? Достаточно ли для визуального анализа использовать две первые ординационные оси?

2. Проанализировать, наблюдается ли дугообразный эффект для данных о видовом составе сообществ (нелинейный отклик видов вдоль выделяемых градиентов факторов среды). На основании этого решить, какой из методов прямой ординации (канонический анализ соответствия, анализ избыточности) и не прямой ординации (метод главных компонент, метод соответствия, многомерного шкалирования) лучше всего подойдет для данной структуры данных. Приведите в отчете значение длины градиента (lengths of gradient), выполнив ординацию методом анализа соответствия с удаленным трендом (detrended correspondence analysis, функция decorana пакета vegan). Чем ближе значение к 4, тем более нелинейны отклики видов вдоль градиентов факторов, которые влияют на состав сообществ. Если длина градиента больше четырех, это значит, что наблюдается нелинейный отклик видов вдоль градиента среды, а также наблюдаемый набор данных характеризуется высоким β -разнообразием (исследован большой спектр сообществ с сильно различающимися видовыми составами). В соответствии с этим, для ординации нужен метод, который способен выявить закономерности в данных, несмотря на указанную нелинейность. Для этого случая рекомендуется метод неметрического шкалирования. Если длина градиента чуть менее четырех ? то достаточно будет использовать методы анализа соответствия или метрического шкалирования. Если значение длины градиента небольшое (1-2), то можно использовать методы ординации, основывающиеся на линейных связях (анализ главных компонент, анализ избыточности).

3. Выполнить ординацию условий среды непрямыми методами, проанализировать наблюдаемые закономерности. Выполните ординацию данных видовых составах непрямыми методами (PCA, MDS, NMDS, CA). Проанализируйте биплоты двух первых ординационных осей (какие виды могут быть специалистами, а какие виды часто встречаются в сообществах). Какие сообщества характеризуются уникальными видовыми составами, укажите какие виды могут преобладать в этих сообществах. Укажите, какую долю дисперсии данных отражают две первые ординационные оси. Постройте и проанализируйте график shepard plot, какие расстояния искажаются в проекции двух первых ординационных осей? Достаточно ли для визуального анализа использовать эти две оси?

4. Выполнить ординацию сообществ растений и условий среды прямыми методами, проанализировать наблюдаемые закономерности. Выполните прямые ординации всеми возможными методами (CCA, RDA). В качестве условий среды берите характеристики местообитаний, исключите из данных эколого-ценотический состав. Сравните, при каком из методов ординации процент объясненной дисперсии каноническими ординационными осями получается большим. Об этом можно судить по отношению собственного числа, соответствующего данной оси (Eigenvalue), к общей дисперсии данных (Total inertia). Чем больше процент объясненной дисперсии, тем лучше удалась ординация. Приведите в отчете сумму собственных чисел и долю объясненной дисперсии данных для первых трех канонических и неканонических ординационных осей, полученную в результате трех методов ординации (RDA, CCA).

5. Выбрать, какой из не прямых (неканонических) ординационных методов (PCA, PCoA, MDS, NMDS, CA) позволяет добиться наилучшего визуального разделения сообществ по классам, полученным на основе сходства видового состава. Какой ординационный метод позволяет лучше визуально разделить эколого-ценотические группы?

Примеры кода для задания:

```
site_pca_coord <- scores(pca)
mycolors <- c(?"red?",?"orange?",?"green?", ?"blue?", ?"black?")
plot(site_pca_coord [,1:2], pch=19, col= mycolors[myfactors[, ?код группы?]])
plot(site_pca_coord [,1:2], pch=19, cex= myfactors[, ?лесные бореальные?])
```

6. определить факторы среды, связанные с составом сообщества, а также определить значимость отличия этой связи от нуля. Указать факторы, значимо связанные с составом сообщества при уровне значимости 0.05. Оцените значимость связи с составом среды для каждого отдельного фактора (функция aov, используйте параметр by=?term?). Постройте модель с оптимальным набором факторов среды (функция ordistep). Оцените значимость модели с участием выбранных факторов с помощью теста (функция aov.cca). Если p-value меньше заданного критического уровня значимости, то данный фактор (модель) значимо связан с видовым составом сообщества. Пример: если мы придерживаемся уровня значимости 0.05, соответственно нам нужны факторы, для которых p-value<0.05.

7. Определить значимость ординационных осей (сколько осей можно использовать для визуализации данных). Определите значимость ординационных осей (функция aov, используйте параметр by=?axes?). Если p-value меньше заданного критического уровня значимости, то данная ось значимо связана с видовым составом сообщества. Пример: если мы придерживаемся уровня значимости 0.05, соответственно нам нужны факторы, для которых p-value<0.05.

3. Отчет

Темы 2, 3, 4, 5

По результатам работы компьютерной программы требуется написать отчет, где описать в свободной форме наблюдаемые закономерности в данных. Нужно описать графики, таблицы.

Исходные данные для выполнения работы представлены в файле data.xls. В файле имеется два листа.

Лист species_sites: данные по обилию (проективному покрытию) видов в сообществах.

Лист site_features: косвенная информация об условиях среды в сообществах, рассчитанная как среднее значение индикаторных чисел видов по шкалам Цыганова: температура, увлажнение почвы, кислотность почвы, азотообеспеченность почвы, солевое богатство почвы, освещенность.

Необходимо:

1. Охарактеризовать условия среды в сообществах. Выполните ординацию данных об условиях среды методом PCA (используйте масштабирование данных). Проанализируйте биплот в двух первых ординационных осях. Какие сообщества обладают сходными условиями среды, какие площадки сильно отличаются? Опишите на основании биплота некоторые сообщества, укажите каким спектром условий, свойств, они характеризуются, в подтверждение приведите исходные данные. Сравните закономерности, отраженные на биплоте, с корреляционной матрицей условий среды. Укажите, какую долю дисперсии данных отражают две первые ординационные оси. Постройте и проанализируйте график shepard plot, какие расстояния искажаются в проекции двух первых ординационных осей? Достаточно ли для визуального анализа использовать две первые ординационные оси?

2. Проанализировать, наблюдается ли дугообразный эффект для данных о видовом составе сообществ (нелинейный отклик видов вдоль выделяемых градиентов факторов среды). На основании этого решить, какой из методов прямой ординации (канонический анализ соответствия, анализ избыточности) и непрямой ординации (метод главных компонент, метод соответствия, многомерного шкалирования) лучше всего подойдет для данной структуры данных. Приведите в отчете значение длины градиента (lengths of gradient), выполнив ординацию методом анализа соответствия с удаленным трендом (detrended correspondence analysis, функция decorana пакета vegan). Чем ближе значение к 4, тем более нелинейны отклики видов вдоль градиентов факторов, которые влияют на состав сообществ. Если длина градиента больше четырех, это значит, что наблюдается нелинейный отклик видов вдоль градиента среды, а также наблюдаемый набор данных характеризуется высоким β -разнообразием (исследован большой спектр сообществ с сильно различающимися видовыми составами). В соответствии с этим, для ординации нужен метод, который способен выявить закономерности в данных, несмотря на указанную нелинейность. Для этого случая рекомендуется метод неметрического шкалирования. Если длина градиента чуть менее четырех? то достаточно будет использовать методы анализа соответствия или метрического шкалирования. Если значение длины градиента небольшое (1-2), то можно использовать методы ординации, основывающиеся на линейных связях (анализ главных компонент, анализ избыточности).

3. Выполнить ординацию условий среды непрямыми методами, проанализировать наблюдаемые закономерности. Выполните ординацию данных видовых составах непрямыми методами (PCA, MDS, NMDS, CA). Проанализируйте биплоты двух первых ординационных осей (какие виды могут быть специалистами, а какие виды часто встречаются в сообществах). Какие сообщества характеризуются уникальными видовыми составами, укажите какие виды могут преобладать в этих сообществах. Укажите, какую долю дисперсии данных отражают две первые ординационные оси. Постройте и проанализируйте график shepard plot, какие расстояния искажаются в проекции двух первых ординационных осей? Достаточно ли для визуального анализа использовать эти две оси?

4. Выполнить ординацию сообществ растений и условий среды прямыми методами, проанализировать наблюдаемые закономерности. Выполните прямые ординации всеми возможными методами (CCA, RDA). В качестве условий среды берите характеристики местообитаний, исключите из данных эколого-ценотический состав. Сравните, при каком из методов ординации процент объясненной дисперсии каноническими ординационными осями получается большим. Об этом можно судить по отношению собственного числа, соответствующего данной оси (Eigenvalue), к общей дисперсии данных (Total inertia). Чем больше процент объясненной дисперсии, тем лучше удалась ординация. Приведите в отчете сумму собственных чисел и долю объясненной дисперсии данных для первых трех канонических и неканонических ординационных осей, полученную в результате трех методов ординации (RDA, CCA).

5. Выбрать, какой из не прямых (неканонических) ординационных методов (PCA, PCoA, MDS, NMDS, CA) позволяет добиться наилучшего визуального разделения сообществ по классам, полученным на основе сходства видового состава. Какой ординационный метод позволяет лучше визуально разделить эколого-ценотические группы?

Примеры кода для задания:

6. определить факторы среды, связанные с составом сообщества, а также определить значимость отличия этой связи от нуля. Указать факторы, значимо связанные с составом сообщества при уровне значимости 0.05. Оцените значимость связи с составом среды для каждого отдельного фактора (функция aov, используйте параметр $by=?term?$). Постройте модель с оптимальным набором факторов среды (функция ordistep). Оцените значимость модели с участием выбранных факторов с помощью теста (функция aov.cca). Если p-value меньше заданного критического уровня значимости, то данный фактор (модель) значимо связан с видовым составом сообщества. Пример: если мы придерживаемся уровня значимости 0.05, соответственно нам нужны факторы, для которых $p-value < 0.05$.

7. Определить значимость ординационных осей (сколько осей можно использовать для визуализации данных). Определите значимость ординационных осей (функция aov, используйте параметр $by=?axes?$). Если p-value меньше заданного критического уровня значимости, то данная ось значимо связана с видовым составом сообщества. Пример: если мы придерживаемся уровня значимости 0.05, соответственно нам нужны факторы, для которых $p-value < 0.05$.

Зачет

Вопросы к зачету:

1. Определение ординации. Представление данных в виде многомерного облака точек.
2. Понятие прямой и не прямой ординации.
2. Анализ главных компонент (PCA). Собственные числа и собственные вектора, биплот: значение и интерпретация.
3. Модификации метода главных компонент: стандартизация и центрирование, их необходимость и случаи использования.

4. Понятие нелинейной структуры данных, коэноклины. Эффект арки, эффект подковы и их причины.
5. Анализ соответствия (CA), метод обратного усреднения (RA). Алгоритм. Собственные числа, биplot: интерпретация.
6. Анализ главных координат (PCoA), многомерное шкалирование (MDS). Метрическая и неметрическая ординация (MMDS, NMDS). Метрики расстояния (сходства) в многомерном шкалировании.
7. Детрендрингованный анализ соответствия (DCA).
8. Методы прямой ординации: анализ избыточности, канонический анализ соответствия. Прямая ординация в многомерном шкалировании: подходы.
9. Рандомизационные (перестановочные тесты) для оценки значимости связи.
10. Прокрустова корреляция.

6.4 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

В КФУ действует балльно-рейтинговая система оценки знаний обучающихся. Суммарно по дисциплине (модулю) можно получить максимум 100 баллов за семестр, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов.

Для зачёта:

56 баллов и более - "зачтено".

55 баллов и менее - "не зачтено".

Для экзамена:

86 баллов и более - "отлично".

71-85 баллов - "хорошо".

56-70 баллов - "удовлетворительно".

55 баллов и менее - "неудовлетворительно".

Форма контроля	Процедура оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций	Этап	Количество баллов
Семестр 3			
Текущий контроль			
Тестирование	Тестирование проходит в письменной форме или с использованием компьютерных средств. Обучающийся получает определённое количество тестовых заданий. На выполнение выделяется фиксированное время в зависимости от количества заданий. Оценка выставляется в зависимости от процента правильно выполненных заданий.	1	20
Компьютерная программа	Обучающиеся самостоятельно составляют программу на определённом языке программирования в соответствии с заданием. Программа сдаётся преподавателю в электронном виде. Оценивается реализация алгоритмов на языке программирования, достижение заданного результата.	2	15
Отчет	Обучающийся пишет отчёт, в котором отражает выполнение им, в соответствии с полученным заданием, определённых видов работ, нацеленных на формирование профессиональных умений и навыков. Оцениваются достигнутые результаты, проявленные знания, умения и навыки, а также соответствие отчёта предъявляемым требованиям.	3	15
Зачет	Зачёт нацелен на комплексную проверку освоения дисциплины. Обучающийся получает вопрос (вопросы) либо задание (задания) и время на подготовку. Зачёт проводится в устной, письменной или компьютерной форме. Оценивается владение материалом, его системное освоение, способность применять нужные знания, навыки и умения при анализе проблемных ситуаций и решении практических заданий.		50

7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

7.1 Основная литература:

1. Лагутин, М.Б. Наглядная математическая статистика [Электронный ресурс] : учебное пособие / М.Б. Лагутин. ? Электрон.дан. ? Москва : Издательство 'Лаборатория знаний', 2015. ? 475 с. ? Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/70706>
2. Общая теория статистики / Балдин К.В., Рукосуев А.В., - 2-е изд. - М.: Дашков и К, 2017. - 312 с.: ISBN 978-5-394-01872-5 - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/415208>
3. Основы информатизации и математического моделирования экологических систем: Учебное пособие / В.П. Мешалкин, О.Б. Бутусов, А.Г. Гнаук. - М.: ИНФРА-М, 2010. - 357 с. - (Высшее образование). ISBN 978-5-16-003818-6 - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/184099>

7.2. Дополнительная литература:

1. Савельев А.А. Геостатистический анализ данных в экологии и природопользовании (с применением пакета R) / А.А. Савельев, С.С. Мухарамова, А.Г. Пилюгин, Н.А. Чижикова. - Казань: Казанский ун-т, 2012. - 120с. - Режим доступа: http://kpfu.ru/docs/F1335879666/saveliev2012_geostat.pdf
2. Буре, В.М. Теория вероятностей и математическая статистика [Электронный ресурс] : учебник / В.М. Буре, Е.М. Парилина. ? Электрон.дан. ? Санкт-Петербург : Лань, 2013. ? 416 с. ? Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/10249>
3. Методы эконометрики: Учебник / С.А. Айвазян; Московская школа экономики МГУ им. М.В. Ломоносова (МШЭ). - М.: Магистр: ИНФРА-М, 2010. - 512 с. ISBN 978-5-9776-0153-5 - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/196548>

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Научная библиотека издательства Springer - <http://link.springer.com>

Страница с упражнениями для экологов на сайте университета Монтаны - <http://ecology.msu.montana.edu/labdsv/R/>

Статистическая система R - <http://www.R-project.org>

Страница Ordination methods for ecologists университета Оклахомы - <http://ordination.okstate.edu/>

Страница пакета vegan для многомерного анализа данных - <http://vegan.r-forge.r-project.org/>

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	Методические указания для лекционных занятий: -рекомендуется вести конспектирование учебного материала -обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации -желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых делать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений. -задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.
практические занятия	Рекомендации для подготовки к практическим занятиям: -изучить основную литературу, ознакомиться с дополнительной литературой, новыми публикациями в периодических изданиях и Интернете. При этом учесть рекомендации преподавателя и требования учебной программы. -дорабатывать свой конспект лекции, делая в нем соответствующие записи из литературы, рекомендованной преподавателем и предусмотренной учебной программой. - требуется установить приложения среды статистического анализа R (https://www.r-project.org/) - желательно использовать графическую среду для написания кода (Tinn-R, R-studio и др.), хотя можно воспользоваться обычным текстовым редактором.
самостоятельная работа	Своевременное и качественное выполнение самостоятельной работы базируется на соблюдении настоящих рекомендаций и изучении рекомендованной литературы. Студент может дополнить список использованной литературы современными источниками, не представленными в списке рекомендованной литературы, и в дальнейшем использовать собственные подготовленные учебные материалы при написании курсовых и дипломных работ.
тестирование	Рекомендации для подготовки к тестированию: - в тестировании будут вопросы, затрагивающие весь курс, как теоретические, так и практические аспекты. Рекомендуется посещать лекции для освоения материала, ознакомиться с интернет источниками, прочитать рекомендованные учебники. При выполнении заданий в компьютерном классе, при написании отчета, студентам рекомендуется обращаться к преподавателю, чтобы прояснить сложные, непонятные вопросы, т.к. их понимание может потребоваться на зачете.

Вид работ	Методические рекомендации
компьютерная программа	Рекомендации для выполнения компьютерной программы: -использовать знания и навыки полученные во время лекционных и практических занятий -обращаться за методической помощью к преподавателю -последовательно выполнять поставленные задачи, анализируя полученный результат - желательно использовать графическую среду для написания кода (Tinn-R, R-studio и др.), хотя можно воспользоваться обычным текстовым редактором.
отчет	Рекомендации для написания отчета: - в рамках данного курса по результатам задания(компьютерной программы) студентам необходимо написать отчет с анализом данных. - старайтесь давать описания к графикам и таблицам, числам, которые вы будете публиковать в вашем отчете, чтобы было понятно, можете ли вы интерпретировать результат. - отчет не требуется распечатывать, достаточно его электронной версии.
зачет	При подготовке к итоговому контролю изучить основную и дополнительную литературу, изучить конспекты лекций, материал наработанный во время практических занятий и выполнения домашнего задания, проработать менее запомнившиеся темы и вопросы, которые возникали во время изучения дисциплины. Вынести вопросы на плановую консультацию.

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Освоение дисциплины "Градиентный анализ и ординация" предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, учебно-методические комплексы, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань" , доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Освоение дисциплины "Градиентный анализ и ординация" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Мультимедийная аудитория, вместимостью более 60 человек. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже Intel Core i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB, audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

Компьютерный класс, представляющий собой рабочее место преподавателя и не менее 15 рабочих мест студентов, включающих компьютерный стол, стул, персональный компьютер, лицензионное программное обеспечение. Каждый компьютер имеет широкополосный доступ в сеть Интернет. Все компьютеры подключены к корпоративной компьютерной сети КФУ и находятся в едином домене.

12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

При необходимости в образовательном процессе применяются следующие методы и технологии, облегчающие восприятие информации обучающимися инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;
- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;
- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников - например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения - аудиально;
- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной, за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;
- применение дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;
- применение дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;
- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи:
 - продолжительности сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, - не более чем на 90 минут;
 - продолжительности подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, - не более чем на 20 минут;
 - продолжительности выступления обучающегося при защите курсовой работы - не более чем на 15 минут.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению 05.04.06 "Экология и природопользование" и магистерской программе Системная экология и моделирование .